



## HALO ERÖFFNET NEUE PERSPEKTIVEN IN DER ATMOSPHÄRENFORSCHUNG

# HÖHER, GRÖßER, WEITER

Von Prof. Dr. Ulrich Schumann und Prof. Dr. Meinrat O. Andreae

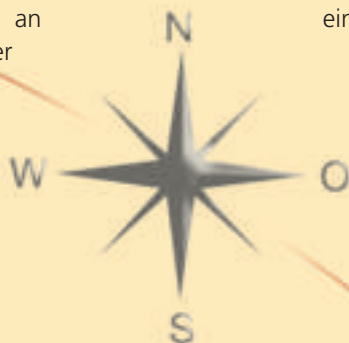
Das im Bau befindliche Forschungsflugzeug HALO wird ab Mitte 2009 für die Erforschung des Erdsystems, insbesondere der Atmosphäre und der Landoberfläche, zur Verfügung stehen. Die vielen Wissenschaftler innerhalb und außerhalb des DLR, die HALO nutzen wollen, können es kaum erwarten, die neuen Möglichkeiten, die HALO bietet, auszunutzen: bis 15,5 Kilometer Flughöhe, mehr als 9.000 Kilometer Reichweite und 3.000 Kilogramm Nutzlast. Damit sind Antworten auf wissenschaftliche Fragen möglich, die mit den bisherigen Forschungsflugzeugen, speziell der Falcon des DLR, nicht zugänglich waren.

Von besonderem wissenschaftlichem Interesse sind aktuelle Themen der Chemie und Physik der Atmosphäre, des Wetters, des Klimas und der Erdoberfläche. Dabei spielen die Prozesse im Übergangsbereich zwischen der Troposphäre und der Stratosphäre eine herausragende Rolle. Die Troposphäre hat große Bedeutung für Wetter und Klima, da sich dort Wolken und Niederschlag bilden und sie unmittelbar an die Biosphäre auf der Erde grenzt. Die Stratosphäre ist wichtig, weil sie den größten Teil des Ozons

enthält. Die Grenzfläche zwischen den beiden Sphären heißt Tropopause. Sie liegt zwischen acht Kilometer Höhe in den Polarregionen und 17 Kilometer Höhe in den Tropen. Um allmählich mit den Möglichkeiten von HALO vertraut zu werden und die dafür notwendigen Instrumente bereitzustellen, werden mehrere Demonstrations-Missionen vorbereitet.

Eine „Demo-Mission“ ist auf einen Zeitraum von weniger als sechs Wochen und maximal 50 Flugstunden begrenzt. Dennoch soll sie ermöglichen, originelle

und wesentliche wissenschaftliche Fragen zu beantworten. Die Mission sollte attraktiv sein und die HALO-Eigenschaften „höher, größer, weiter“ demonstrieren. Das dafür erforderliche Instrumentenpaket muss bis zum geplanten Missionsbeginn Mitte 2009 flugtauglich und für den sicheren Einsatz auf HALO zugelassen sein. Zudem sollen die Demo-Missionen allen HALO-Nutzern einen ersten Zugang zum Flugzeug ermöglichen und ihre Zusammenarbeit fördern. Dies erfordert eine gründliche Vorbereitung.



Für das erste Missionsjahr von HALO sind sechs Missionen geplant. Fünf weitere sind für die Folgezeit in Vorbereitung. Die Missionen sind mit englischen Namen und Abkürzungen bezeichnet und werden im Folgenden erläutert.

## OMO – Oxidation Mechanism Observations

Gäbe es nicht das Hydroxyl-Radikal OH, würde der Mensch an Abgasen wie Kohlenmonoxid, Methan und vielen Kohlenwasserstoffen ersticken. Das OH ist auch als das „Waschmittel“ der Atmosphäre bekannt, da es Gase in wasserlösliche Substanzen umwandelt, die dann mit dem Regen aus der Atmosphäre ausgewaschen werden. Das OH entsteht auf vielen chemischen Reaktionswegen, insbesondere durch Aufspaltung von Ozon im kurzwelligen Sonnenlicht und Reaktionen des dabei unter anderem gebildeten atomaren Sauerstoffs mit Wasserdampf. Das OH selbst ist chemisch sehr reaktiv. Daher ist seine Konzentration in Luft sehr gering: Auf zehn Billionen ( $10^{13}$ ) Moleküle Luft kommt typisch nur ein OH-Radikal. Ein frisch gebildetes OH-Radikal reagiert bereits nach wenigen Sekunden mit andern Molekülen. Es reagiert auch gern mit Oberflächen.

OH ist daher sehr schwierig zu messen. Um die Reaktionen von OH in der Atmosphäre richtig zu verstehen, müssen gleichzeitig die Strahlung und alle Spurengase gemessen werden, aus denen OH entsteht oder mit denen OH reagiert. HALO wird daher mit neuen Instrumenten und Einlässen ausgerüstet, um erstmalig genügend Informationen über diese Radikalchemie zu gewinnen. Die Erkenntnisse sollen in Rechenmodelle einfließen, die eine genauere Vorhersage der Oxidationskapazität der Atmosphäre ermöglichen werden. Die geplanten Flüge überspannen Europa und Nordafrika in verschiedenen Höhen. Hierbei kommt es insbesondere auf die Fähigkeit von HALO an, ein umfangreiches Messpaket aufnehmen und damit über lange Strecken und unterschiedliche Höhen in der Atmosphäre messen zu können.

## CIRRUS-ML – Formation, Lifetime, Properties and Radiative/Chemical Impact of Mid-Latitude Cirrus Clouds

Zirruswolken bestehen aus kleinen Eiskristallen und treten häufig natürlicherweise in der oberen Troposphäre auf. Dickere Zirruswolken bilden sich im Amboss von hoch reichenden Gewittern und an Wetterfronten in

aufsteigender Luft. Dünne Zirruswolken werden gelegentlich auch in der Stratosphäre beobachtet. In den Polregionen sind Eiswolken wesentlich für den Ozonabbau. Der Flugverkehr induziert über Kondensstreifen künstliche Zirruswolken, die in feuchter Luft rasch zu ausgebreiteten Zirruswolken anwachsen.

Zirruswolken lassen Sonnenlicht nahezu ungehindert zur Erde gelangen, zugleich sind Eiskristalle gute Absorber für Wärmestrahlung. Daher ist es unter Zirruswolken häufig wärmer als unter klarem Himmel. Fallen die Kristalle in unterkühlte Wolken mit flüssigen Tropfen, so wachsen die Eiskristalle bei schrumpfenden Tropfen. Dadurch bilden sich große Graupel, die schneller fallen und schließlich als Regen auf die Erde gelangen. Zirruswolken sind daher fundamental wichtig für das Wetter, die Luftchemie und das Klima. Wie aber Eiskristalle im Einzelnen entstehen, ist noch weitgehend unbekannt. Mit HALO sollen mit einem umfassenden Instrumentarium die Eigenschaften von Zirren in ausgedehnten Tiefdruckgebieten und in der Stratosphäre vermessen werden. Hierbei werden die Fähigkeiten von HALO in Bezug auf Flughöhe, Reichweite und Instrumentierung voll ausgeschöpft.

## TACTS – Transport and Composition in the upper Troposphere/lowermost Stratosphere

Am Rande der Tropen grenzt die obere tropische Troposphäre an die untere Stratosphäre in mittleren Breiten. Beide werden vom subtropischen Strahlstrom getrennt. Diese Trennung ist aber nicht perfekt. Auf komplizierten Wegen gelangt ein Teil



HALO wird in internationale Forschungsvorhaben eingebunden sein. Die Bilder zeigen die russische M55 Geophysica (links) sowie einen Blick aus der DLR-Falcon (rechts) anlässlich einer Forschungsmission in Brasilien



Atmosphärenforschung hilft, das durch den Menschen veränderte Atmosphären- und Klimasystem besser zu verstehen



der Luft aus der oberen tropischen Troposphäre in die untere Stratosphäre. Dadurch werden auch Wasserdampf, Stickoxide und andere Spurenstoffe aus den Tropen in die untere Stratosphäre transportiert. Dort kann Wasserdampf zur Bildung von Zirruswolken beitragen, während die Stickoxide die Ozonchemie beeinflussen. Diese natürlichen Prozesse wetterfeinern mit den durch den Menschen verursachten Veränderungen. Ohne genaue Kenntnis der Natur kann das vom Menschen veränderte Atmosphären- und Klimasystem nicht gut verstanden werden. Eine der ersten HALO-Missionen soll daher diesen Spurenstoffeintrag aus den Tropen in die untere Stratosphäre vermessen.

**Weitere HALO-Missionen**

Weitere für das erste Jahr geplante Missionen können hier nur kurz erwähnt werden: Die Mission POLSTRACC wird die Entwicklung der Ozon

schicht in der Arktis in dem sich verändernden Klima vermessen, NEPTUN untersucht die Bildung von Zyklonen, Starkniederschlägen und Sahara-Staub-Transport im Mittelmeer und EO-HALO erforscht die Erde mit einem hoch auflösenden multispektralen Scanner ARES.

Für das Folgejahr sind fünf weitere Missionen avisiert. ACRIDICON untersucht die Veränderung von Wolken, Niederschlag und Klima durch Aerosole; NARVAL nutzt ein Radar auf HALO für Messungen des Niederschlags und THORPEX optimiert Beobachtungen in sensiblen Regionen der Atmosphäre zur genaueren Wettervorhersage. Schließlich sind zwei Missionen zur Geophysik geplant. Bei der ersten geht es um das Gravitations- und Magnetfeld in einer tektonischen Kollisionszone im östlichen Mittelmeer.

Später ist eine Mission zur Geophysik in der zentralen Antarktis geplant. Bis es soweit ist, sind allerdings viele Vorarbeiten

notwendig. Die Vorbereitung ist auf gutem Wege, wie die folgenden Entwicklungen zeigen: Im November 2005 hat die Helmholtz-Gemeinschaft das Virtuelle Institut „Atmosphärenforschung mit dem Forschungsflugzeug HALO“ eingerichtet, in dem sich vier Zentren der Helmholtz-Gemeinschaft – DLR, AWI, FZK, FZJ – und acht Universitäts-Institute gemeinsam auf die Nutzung von HALO vorbereiten. Im April 2006 hat die Deutsche Forschungsgemeinschaft ein neues Schwerpunktprogramm „Atmosphären- und Erdsystemforschung mit dem Forschungsflugzeug HALO“ eingerichtet. Und im Juni 2006 hat der Senat der Helmholtz-Gemeinschaft der Investition „HALO – Missionsinstrumentierung“ zugestimmt.

**Autoren:**

Prof. Dr. Ulrich Schumann ist Direktor des DLR-Instituts für Physik der Atmosphäre in Oberpfaffenhofen. Prof. Dr. Meinrat O. Andreae ist Direktor am Max-Planck-Institut für Chemie in Mainz.

